

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 23-152
補助事業名 平成23年度「ナノマイクロポリマによるアーク遮断研究」補助事業
補助事業者名 田中康規

1 補助事業の概要

(1) 事業の目的

環境に優しいアーク遮断方式として、ポリマー溶発(アブレーション)を利用した遮断方式を研究開発する。その一つとして、ポリマー粒子に着目し、その混合作用による熱プラズマ減衰能力を明らかにする。

(2) 実施内容

(URL) <http://epel.w3.kanazawa-u.ac.jp/grant-jka/index.html>

本事業では、ポリマー-熱プラズマの相互作用、特にそのアブレーション(溶発)現象に着目し、ポリマー溶発による熱プラズマにアーク・熱プラズマ減衰の基礎研究を行った。

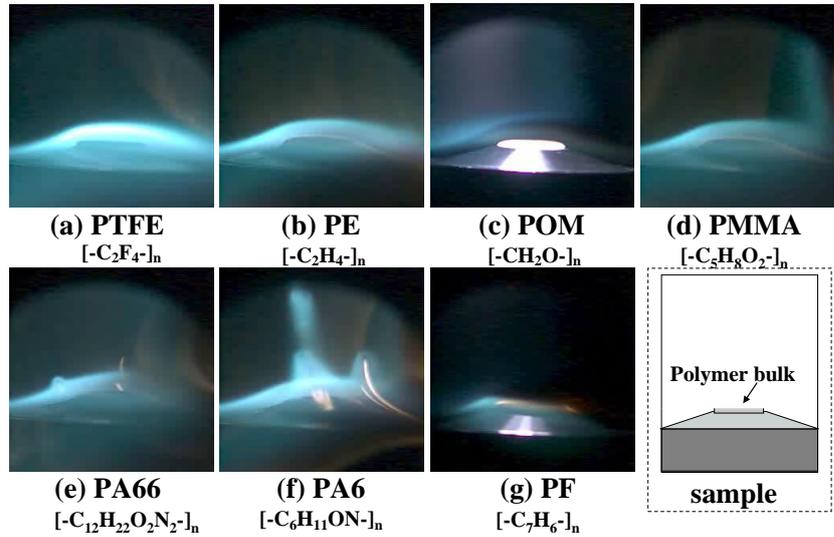
様々なポリマーバルク(PE, PTFE, PA6, PA66, POM)に誘導熱プラズマ照射することで実験を行った。これにより、様々なポリマーバルクの溶発現象を基礎的に検討できる。誘導熱プラズマの特長は、アークプラズマと同様「熱プラズマ」に位置づけられ、アークプラズマと同様の熱力学的・流体力学的挙動を示しながらも、電極からの材料混入のないクリーンな熱プラズマ空間を形成できる。今回その溶発の様子を高速度ビデオカメラで観測した。

図1は、様々なポリマーバルクに上部から熱プラズマを照射したときの様子である。同図からすべてのポリマーの表面において、輝度の高い蒸気が分布していることがわかる。これはポリマーが溶発(アブレーション)し、その蒸気が光を放っていると考えられる。図2は、460nm付近の放射光のみを透過する干渉フィルタをつけて、撮影したものである。この図からアブレーション蒸気からの発光はC2分子Swan系スペクトルからのものが主であることと判断できる。溶発蒸気は、ポリマーからの炭素を多く含み、これがポリマー表面を覆うように分布することがわかる。一方、図1からナイロン系ポリマーの場合には、粒子が飛翔することがわかった。これはスポレーション現象と呼ばれる熱的破砕現象で生じるものと推察される。スポレーション粒子は、溶発蒸気よりもポリマーバルクから、より遠方まで輸送され、溶発蒸気単独よりも熱プラズマ内に内部まで入り込む。入り込んだ位置でアブレーションを引き起こし、アークからの熱を奪う効果・熱力学特性を変化させる効果があるものと推察している。

図3は、ナイロン系ポリマーからの粒子飛翔の様子を、画面を積算して示したものである。同図から明らかにPTFEの場合には粒子飛翔はないが、ナイロン系ポリマーの場合に粒子飛翔があることがわかる。その飛翔高さは、溶発蒸気よりも明らかに高くなっている。図4は、プラズマ照射後のポリマーバルクの表面観察結果である。ナイロンの場合には、1mm以下の穴がみられ、スポレーション発生と関連があるか調査中である。

その他、本事業では、ポリマーアーク実験、ポリマー粒子-熱プラズマ実験を行い、ポリマーが熱プラズマに与える様子の検討を行っている。

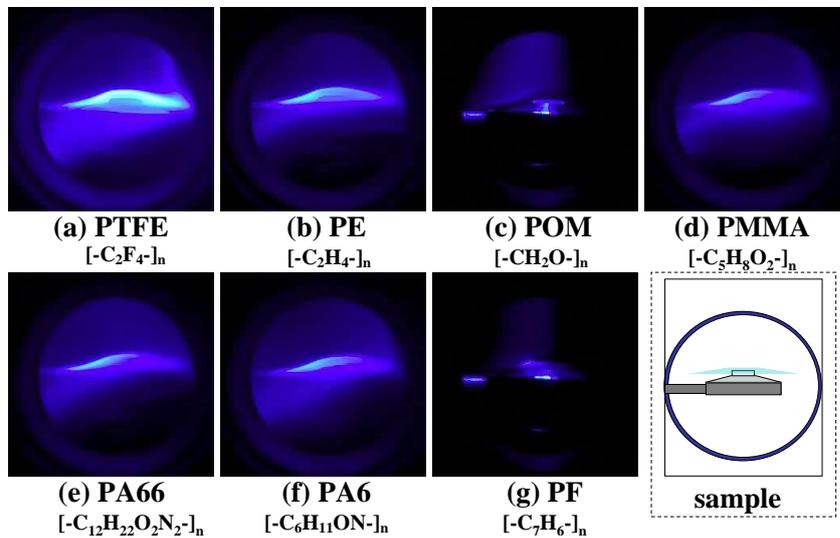
■ 高速度ビデオカメラの撮影結果①



* 露光時間50 μ s (POMとPFは250 μ s) * 再生速度は15 fps

図1 ポリマーバルク材への熱プラズマ照射の高速度ビデオ観察結果

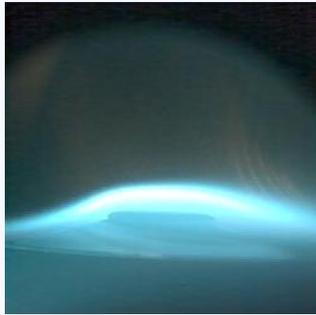
■ 高速度ビデオカメラの撮影結果②



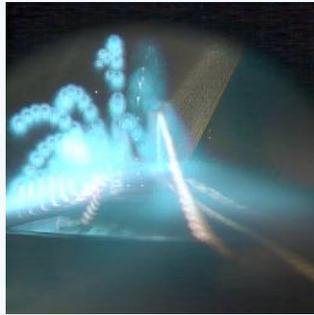
* 露光時間30 μ s (POMとPFは1ms), C_2 干渉フィルタあり * 再生速度は15 fps

図2 ポリマーバルク材への熱プラズマ照射の高速度ビデオ観察結果
(460nm干渉フィルタ)

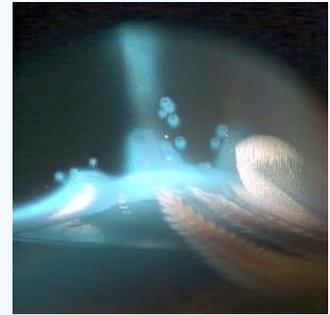
■ スポレーション粒子について検討



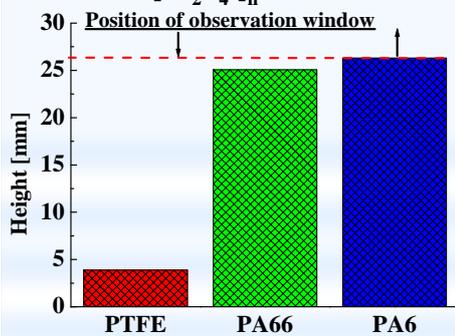
(a) PTFE
[$-C_2F_4-$]_n



(b) PA66
[$-C_{12}H_{22}O_2N_2-$]_n



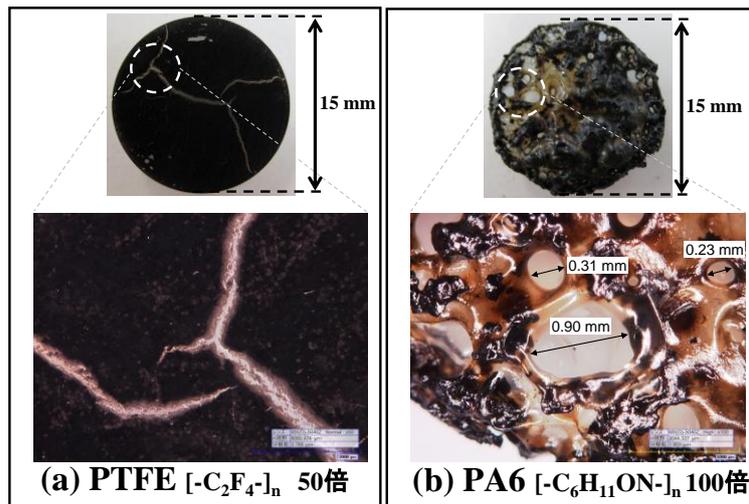
(c) PA6
[$-C_6H_{11}ON-$]_n



ナイロン系バルク材 ⇒
溶発蒸気 + **スポレーション粒子**
⇒ よりプラズマの内部へ
スポレーション粒子が侵入して溶発
バルク材表面から放出 ⇒ 初速度
PA66 … **2.5 m/s**
PA6 … **2.4 m/s**

図3 スポレーション粒子の様子

■ 照射後のポリマーバルク材表面の様子



(a) PTFE [$-C_2F_4-$]_n 50倍

(b) PA6 [$-C_6H_{11}ON-$]_n 100倍

図4 熱プラズマ照射後のポリマー表面の様子

「ナノマイクロポリマによるアーク遮断研究」

ポリマ粒子-アーク相互作用を利用してアークを減衰させる手法は、当該業界においてはほとんど検討されていない新しい手法である。今回の検討により、ナイロン系ポリマーから粒子が飛翔すること、粒子は蒸発蒸気より熱プラズマ内部まで投入されることなどがわかった。一方、現在、温室効果ガスSF₆を、アークプラズマを減衰させる媒体として使用する遮断方式がほとんどである。今後、SF₆ガス吹付け型に替わる一手法として今回検討した、粒子混合型アーク減衰手法も期待できる。

3 本事業により作成した印刷物等

- [1] N. Shinsei*, Y. Tanaka, Y. Uesugi, J. Wada, S. Okabe, Numerical simulation on dynamics of spallation particles ejected from polyamide materials during irradiation of Ar thermal plasma, The First Int. Conf. Electric Power Equip. Switching Technol., 2011.10, Xi' an, China
- [2] 新清直樹*, 田中康規, 上杉喜彦, 和田純一, 岡部成光, N₂あるいはO₂混合Ar熱プラズマ照射時におけるナイロン系ポリマー材料溶発とスプレーシオン粒子飛翔の観測, 電気学会電力エネルギー部門大会, No. 291, 2011. 9

<http://epel.w3.kanazawa-u.ac.jp/grant-jka/index.html>

4 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 金沢大学理工研究域電子情報学系環境電力工学研究室（カナザワダイガクリコウケンキュウイキデンシジョウホウガクケイカンキョウデンリョクコウガクケンキュウシツ）

住 所： 〒920-1192

金沢市角間町

申 請 者： 教授 田中康規（タナカヤスノリ）

担 当 部 署： なし

E-mail： tanaka@ec.t.kanazawa-u.ac.jp

U R L： <http://epel.w3.kanazawa-u.ac.jp/>